

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Balance de Momento, Calor y Masa
Clave de la asignatura:	IQJ-1002
SATCA¹:	4-2-6
Carrera:	Ingeniería Química

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Químico la capacidad para analizar los fenómenos involucrados con los sistemas de transporte de cantidad de movimiento, calor y masa en estado estable bajo condiciones de flujo unidireccional y le proporciona las bases para poder diseñar, seleccionar, optimizar y controlar procesos de transferencia en procesos químicos. Estos fenómenos son importantes al aumentar la capacidad crítica y lógica del estudiante ya que permiten comprender el comportamiento a nivel microscópico de los materiales y/o fluidos que se exponen a cambios de movimiento, calor y masa.

La asignatura comprende el balance en los tres mecanismos de transferencia a nivel microscópico, usando elementos diferenciales de los sistemas más comunes en coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas. Por ejemplo: la película descendente, flujo a través de ductos y canales; flujo de calor en placas simples y compuestas, tubos y esferas; y flujo másico en película estancada o descendente y en la interface, entre otros.

La asignatura se relaciona con todas las posteriores que involucran procesos unitarios, para dar soporte a las materias formativas propias del ingeniero químico.

Intención didáctica

La asignatura se encuentra organizada en seis temas; los dos primeros y el cuarto, desarrollan la capacidad del estudiante para realizar balances de momentum, calor y masa, además, consideran la aplicación de las condiciones límite en los modelos que surgen del balance y plantea una solución viable al modelo para obtener los perfiles de velocidad, temperatura y concentración en los sistemas de transporte molecular.

Se aplican las leyes de Newton, Fourier y Fick para la integración de los conceptos generales en el planteamiento de los balances microscópicos y dar solución a las ecuaciones diferenciales generadas, se incluye el tema de superficies extendidas para definir su comportamiento y uso. El tema tres da mayor énfasis a las aplicaciones de fenómenos de transferencia de calor en estado transitorio, mediante la aplicación del concepto de parámetros concentrados y el uso de las graficas de Heissler para estos casos de estudio. En el quinto tema se aborda la transferencia de masa, permitiendo evaluar los coeficientes convectivos por medio de correlaciones o analogías reportadas en la literatura, y en diferentes sistemas. Se integra así mismo en el tema seis el estudio de los fenómenos en la interfaz con la importancia de la capa límite hidrodinámica y la capa límite térmica en la determinación de las correlaciones para evaluar los coeficientes de transferencia de calor, y finalmente en este mismo tema se propone la evaluación de los coeficientes de transferencia de masa bajo la teoría de la doble película. El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto en clase, sino una oportunidad para

Se pretende que a partir de las leyes fundamentales que gobiernan el flujo de momentum, calor y masa el estudiante reconozca los fenómenos físicos a su alrededor, para ello es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Celaya, Centla, Chihuahua, Durango, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Orizaba, Pachuca, Parral, Tapachula, Tepic, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Celaya del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Celaya, Centla, Chihuahua, Durango, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Orizaba, Pachuca, Parral, Tapachula, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 19 al 22 de marzo de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Campeche, Cd. Madero, Celaya, Centla, Chihuahua, Coacalco, Durango, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Mérida, Matamoros, Minatitlán, Orizaba,	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Química, del SNIT.

	Pachuca, Tapachula, Tijuana, Toluca, Tuxtla Gutiérrez y Villahermosa.	
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiari, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p> <p>Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Calcula el flujo de masa o volumétrico, el flujo de calor, densidad de flujo de masa, perfiles de velocidad, de temperatura y concentración en sistemas con transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa utilizando los balances correspondientes</p> <p>Estima el coeficiente individual y global de calor y masa, en sistemas con transferencia de calor y masa utilizando el método analítico y por correlaciones y obtiene el flujo de calor en superficies extendidas para aletas de sección constante</p> <p>Determina los parámetros al estado inestable en placas, cilindros o esferas utilizando las graficas de Heissler</p>

5. Competencias previas

<p>Aplica el cálculo diferencial e integral a expresiones algebraicas utilizando los métodos establecidos</p> <p>Obtiene ecuaciones diferenciales de un sistema aplicando el concepto de elemento diferencial</p> <p>Homogeniza las dimensiones y unidades en un problema usando los principios correspondientes.</p> <p>Evalúa propiedades de un gas utilizando la ley de los gases ideales</p> <p>Aplica balance de materia y energía en un sistema usando la ley de la conservación de la masa y la energía</p>
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Balance de Momentum	<p>1.1. Conceptos: (Sistemas, Volumen de control, Teorema del valor medio)</p> <p>1.2. Condiciones límite (frontera)</p> <p>1.3. Determinación de Perfil de velocidad, velocidad media, flujo volumétrico y másico (Coordenadas rectangulares y cilíndricas)</p> <p>1.4. Ecuaciones de variación para sistemas unidireccionales en estado estable.</p>
2	Balance de calor en sistemas coordenados en estado estacionario, flujo unidireccional.	<p>2.1. Condiciones frontera.</p> <p>2.2. Obtención de perfiles de temperatura y flujo de calor sin generación (Placa, envolvente cilíndrica y esfera simple; Placas, envolvente cilíndrica y esfera compuestas con frontera convectiva, así como barra y esfera con generación).</p> <p>2.3. Radio crítico de aislamiento.</p> <p>2.4. Obtención de perfiles de temperatura y flujo de calor en aletas de enfriamiento</p>
3	Balance de calor en un sistema en estado transitorio, flujo unidireccional	<p>3.1. Modulo de Biot y de Fourier</p> <p>3.2. Parámetros concentrados</p> <p>3.3. Aplicación de las Graficas de Heissler para problemas en geometrías simples. Placas, cilindros y esferas en estado transitorio.</p>
4	Balance de masa en sistemas coordenados, flujo unidireccional	<p>4.1. Condiciones límite</p> <p>4.2. Balances de materia aplicados a una envoltura con difusión (en película gaseosa, en una película líquida descendente, con reacción química heterogénea y homogénea, y reacción química en el interior de un catalizador poroso, en mezclas multicomponentes).</p>
5	Transferencia en la Interfaz	<p>5.1. Teoría de la capa limite en flujo laminar y turbulento</p> <p>5.2. Correlaciones para el cálculo de coeficientes de transferencia de calor</p> <p>5.3. Teoría de la doble película: (Coeficiente individual de transferencia de masa, Coeficiente global de transferencia de masa, Resistencia determinante en la difusión entre fases)</p> <p>5.4. Analogías en la transferencia de masa, calor y momentum.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Nombre de tema: Balance de Momentum	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Obtiene el perfil de velocidad y esfuerzo cortante en un sistema coordenado mediante un balance de momentum</p> <p>Interpreta el perfil de velocidad y esfuerzo cortante para líquidos con base en un sistema coordenado</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis, habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas), trabajo en equipo, compromiso ético, habilidades de investigación, capacidad de aprender, habilidad para trabajar en forma autónoma, búsqueda del logro</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interpreta los conceptos de sistema, volumen de control y teorema del Valor medio. 2. Deduce las Condiciones Límites para la solución de los modelos matemáticos. 3. Estructura modelos matemáticos del comportamiento de los fluidos aplicando balances diferenciales a volúmenes de control en espacios Cartesianos y Cilíndricos. 4. Determina con base a los modelos obtenidos las velocidades media y máxima, los flujos volumétricos, espesores de película y las fuerzas que actúan sobre las superficies en contacto con los fluidos. 5. Aplica las ecuaciones de variación a los sistemas de transferencia de cantidad de movimiento en sistemas en estado estable y flujo unidireccional.
Nombre de tema: Balance de calor en sistemas coordenados en estado estacionario, flujo unidireccional	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Obtiene perfiles de temperatura y flujo de calor en sistemas donde exista transferencia de calor a partir de un balance de energía</p> <p>Interpreta perfiles de temperatura en superficies sólidas con base a gradientes de temperatura y su conductividad</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis, habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas), trabajo en equipo, compromiso ético, habilidades de investigación, capacidad de aprender, habilidad para trabajar en forma autónoma, búsqueda del logro</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deduce las Condiciones Límites para la solución de los modelos matemáticos. 2. Estructura modelos matemáticos del comportamiento de la temperatura aplicando balances en elementos diferenciales en Coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas unidireccionales al estado estable. 3. Determina con base a los modelos obtenidos la variación de la temperatura con la posición o espesor de pared del sistema analizado. 4. Analiza los perfiles de temperatura que se obtienen al realizar balances de calor. 5. Investiga los diferentes tipos y aplicaciones de superficies extendidas. 6. Deduce la ecuación general para flujo de calor. 7. Simplifica la ecuación general para aletas de enfriamiento con sección constante. 8. Resuelve problemas de transferencia de calor en sistemas con aletas. de sección constante

Nombre de tema: Balance de calor en un sistema en estado transitorio, Flujo unidireccional	
Competencias	
<p>Específica(s):</p> <p>Determina tiempo, temperatura, distancia y calor en placas, cilindros o esferas al estado inestable utilizando las graficas de Heissler.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis, habilidades e gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas), trabajo en equipo, compromiso ético, habilidades de investigación, capacidad de aprender, habilidad para trabajar en forma autónoma, búsqueda del logro</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investiga el Modulo de Biot y de Fourier y sus aplicaciones. 2. Aplica las Graficas de Heissler en la solución de problemas de transferencia de calor. 3. Resuelve problemas de transferencia en estado transitorio por métodos gráficos y numéricos.
Nombre de tema Balance de masa en sistemas coordenados, flujo unidireccional	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Obtiene perfiles de concentración y densidad de flujo en sistemas con transferencia de masa a partir de su balance Interpreta perfiles de concentración desarrollados en el seno de un fluido con base</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis, habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas), trabajo en equipo, compromiso ético, habilidades de investigación, capacidad de aprender, habilidad para trabajar en forma autónoma, búsqueda del logro</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica las ecuaciones de cambio a sistemas coordenados. 2. Interpreta el significado de los términos en las ecuaciones de cambio. 3. Genera balances de materia con reacción química. 4. Deduce las condiciones límite en el análisis diferencial de un elemento. 5. Aplica el concepto de difusión molecular más convección en reacciones homogéneas y heterogéneas.
Nombre de tema: Transferencia en la Interfaz	
Competencias	
<p>Específica(s):</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explica los conceptos de capa límite hidrodinámica y capa límite térmica.

<p>Determina el coeficiente de transferencia de calor en diferentes geometrías y condiciones de flujo mediante la teoría de la capa límite y correlaciones</p> <p>Calcula el coeficiente individual y global de transferencia de masa en fluidos usando la teoría de la doble película.</p> <p>Genéricas: Capacidad de análisis, habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas), trabajo en equipo, compromiso ético, habilidades de investigación, capacidad de aprender, habilidad para trabajar en forma autónoma, búsqueda del logro</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Resuelve por método aproximado las ecuaciones de capa límite para determinar el coeficiente de transferencia en placa plana y su relación con los números adimensionales en transferencia de calor. 3. Interpreta las analogías de Reynolds, Von Karman y Prandtl entre el flujo de fluidos y la transferencia del calor. 4. Investiga las diferentes correlaciones para el cálculo de coeficientes transferencia de calor en convección natural y convección forzada. 5. Resuelve problemas para diferentes sistemas que impliquen el cálculo de coeficientes de transferencia de calor. 6. Evalúa los coeficientes de transferencia de masa a partir de correlaciones. 7. Evalúa los coeficientes de transferencia de masa individuales y globales.
--	---

8. Práctica(s)

<p>Taller para realizar balances en sistemas que involucran momentum, calor y masa</p> <p>Taller de videos sobre la aplicación de las correlaciones y coeficientes de transferencia</p> <p>Foros de discusión sobre las analogías y correlaciones para determinar parámetros de diseño</p> <p>Ponencias sobre casos prácticos en la determinación de coeficientes de transferencia</p> <p>Visitas industriales y centros de investigación que realizan determinaciones y usos de de coeficientes de transferencia</p>

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente métodos:

Examen escrito

Reporte de Investigaciones Documentales

Participación en Tareas encomendadas

Técnicas e Instrumentos de Evaluación:

Portafolio de Evidencias: Reportes escritos, solución de ejercicios extra clase, actividades de investigación, elaboración de modelos o prototipos, análisis y discusión grupal.

Matrices de valoración para tareas y exámenes

11. Fuentes de información

1. Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2011). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Wiley.
2. Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2006). Transport Phenomena. John Wiley & Sons, Inc.
3. Cengel, Y., & Ghajar, A. (2010). Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
4. Geankoplis, C. J. (2006). Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación. CECOSA.
5. Green, D., & Perry, R. (2007). Perry's Chemical Engineering Handbook. McGraw-Hill Professional.
6. Kreith, F., Manglik, R. M., & Bohn, M. S. (2010). Principles of Heat Transfer. CL Engineering.
7. Levenspiel O. (2008). Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor. Reverté.
8. McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2005). Unit Operations of Chemical Engineering. McGraw-Hill Higher Education.
9. Wankat P. C. (2011). Separation Process Engineering: Includes Mass Transfer Analysis. Prentice Hall.
10. Welty, J., Wicks, C. E., Rorrer, G. L., & Wilson, R. E. (2010). Fundamentals of Momentum, Heat and Mass. Mc Graw Hill.